T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

RES ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN İZLENMESİ

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. RÜZGÂR TÜRBİN ELEKTRİK SİSTEMİNİN İZLENMESİ 3
1.1. Jeneratörün İzlenmesi 3
1.1.1. Asenkron Jeneratörler 5
1.1.2. Sincap Kafesli Asenkron Jeneratörler (SKAG) 7
1.1.3. Rotoru Sargılı (Bilezikli) Asenkron Jeneratör (RSAG) 7
1.1.4. Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörler 8
1.1.5. Optislip İndüksiyon Jeneratörler (OSİG) 9
1.2. Türbin Kanat Elektrik Sisteminin İzlenmesi 10
1.3. Yaw Elektrik Sistemininin İzlenmesi 13
1.4. Güç Ünitesinin İzlenmesi 14
UYGULAMA FAALİYETİ 16
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 17
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 19
2.1. Güç Trafosunun İzlenmesi 19
2.1.1. Yağ Seviye Göstergesi 22
2.1.2. Hava Kurutucu 23
2.1.3. Yağ Sıcaklık Göstergesi 23
2.1.4. Buchholz (Gaz toplama ve Alarm) Rölesi 24
2.1.5. Basınç Emniyet Valfi 24
2.1.6. Hermetik Koruma Rölesi 25
2.2. Kesicilerin izlenmesi 25
2.3. Ayırıcıların İzlenmesi 25
2.3.1. Ayırıcı Açma Kapama İşlem Sırası 26
2.3.2. Ayırıcı Calışma Testi Yapılması (Devreye Alma Çıkarma) 26
2.3.3. Ayırıcı Bakım Onarımı 26
UYGULAMA FAALİYETİ 28
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 29
CEVAP ANAHTARLARI 31
KAYNAKÇA 32

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Rüzgâr Enerjisi Sistemleri**
MODÜLÜN ADI	**Res Elektrik Sistemlerinin İzlenmesi**
MODÜLÜN TANIMI	Rüzgâr türbin elektrik sisteminin ve şalt sahasının izlenmesi ile ilgili bilgilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	RES Elektrik sistemlerini izlemek
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Rüzgâr türbin elektrik sisteminin ve şalt sahasının izlenmesini yapabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Rüzgâr türbin elektrik sisteminin izlenmesini yapabileceksiniz. **2.** Rüzgâr şalt sahasının izlenmesi yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Elektrik elektronik laboratuvarı **Donanım:** Jeneratör, türbin kanat sistemi, yaw elektrik sistemi, güç ünitesi, güç trafosu, kesiciler ve ayırıcılar. **Yazılım:** SCADA programlama dili
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir.

Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), elektrik elektronik ekipmanlar ve pervaneden oluşmaktadır. Rüzgârın kinetik enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülür ve dönme hareketi gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi trafolar yardımıyla yükseltildikten sonra şebekeye aktarılır. Bu işlemlerin gerçekleşmesi devamlı kontrol ve gözetleme altında tutulmalıdır. Arızanın nerede ve neden olduğunun tesbiti hemen ve uzaktan yapılabilmelidir.

Bu modül, rüzgâr türbin elektrik sisteminin izlenmesi ve rüzgâr şalt sahasının izlenmesi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

Öğrenme faaliyetlerinde konu genel olarak anlatılmıştır. Bu modül size konu hakkında yeterli teorik bilgiyi kazandıracaktır.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Rüzgâr türbin elektrik sisteminin izlenmesini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Rüzgâr türbinindeki elektrik ve mekanik cihazlar hakkında araştırma yapınız.

1. RÜZGÂR TÜRBİN ELEKTRİK SİSTEMİNİN İZLENMESİ

1.1. Jeneratörün İzlenmesi

Rüzgâr enerjisi tesislerinde kullanılan jeneratörler, alternatif akım veya doğru akım jeneratörleri olabilir. Burada elde edilen elektrik akımı, yetersiz kalitede alternatif akım veya doğru akım bile olsa çeşitli güç elektroniği düzenekleriyle şebekeye uygun hâle getirilebilir.

Doğru akım jeneratörleri, büyük güçlü rüzgâr enerjisi tesislerinde tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, sık bakım gereksinimi ve alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olmasıdır. Doğru akım jeneratörleri günümüzde sadece küçük güçlü rüzgâr enerji tesislerinde akülere enerji depolamak için kullanılır. Direkt şebekeye bağlantı sistemlerinde alternatif akım jeneratörlerini oluşturan asenkron veya senkron jeneratörler kullanılmaktadır.

Asenkron jeneratör çeşitleri şunlardır:

- Sincap kafesli asenkron jeneratör (SKAG)
- Rotoru sargılı asenkron jeneraör (RSAG)
- Çift beslemeli asenkron jeneratör (ÇBAG)
- Optislip jeneratör (OSG)

Senkron jeneratör çeşitleri şunlardır:

- Rotoru sargılı (alan sargılı) senkron jeneratör (RSSG)
- Sürekli mıknatıslı senkron jeneratör (SMSG)

Jenearötün çalışmasının izlenmesi veya arıza durumunun tespiti için jeneratör yapısı ve çalışması hakkında bilgi edinmekte fayda vardır. Aşağıdaki başlıklarda jeneratör çeşitleri, avantaj, dezavantaj ve çalışma prensipleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Jeneratörlerin arızası iki gruba ayrılabilir:

- 1. Elektrik-Elektronik Arızaları
    - a. Sargı arızaları
    - b. Elektronik ekipman arızaları (invertör vb.)
    - c. Kondansatör arızası
- 2. Mekanik Arızalar
    - a. Yatak ve rulman arızası
    - b. Dili kutusu ile jeneratör mili bağlantı arızaları

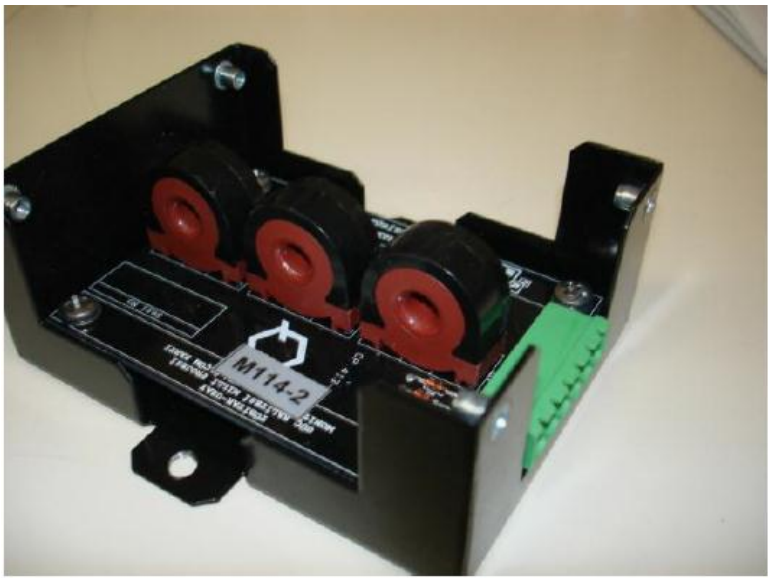
Yukarıda belirtilen arızaların veya jeneratörün çalışmasının izlenmesi için SCADA, PLC veya faklı bir kontrolör için tek tek çıkışlar verilmesi gerekmektedir.

- **Jeneratör ısısı kontrolü:** Jeneratör sargılarına yerleştirilecek PTC termistörlerle jeneratör ısısı izlenebilir ve kritik seviyelerde ulaştığında birtakım önlemlerin alınması sağlanabilir. Isı kontrolü, kontrol cihazlarının analog girişlerine bağlanır.

- **Jeneratör devir sayısı kontrolü:** Jeneratörün miline akuple edilen enkoder sayesinde jeneratörün devir sayısı izlenebilmektedir. Enkoderler kontrol cihazlarının hızlı sayıcı girişlerine bağlanır.

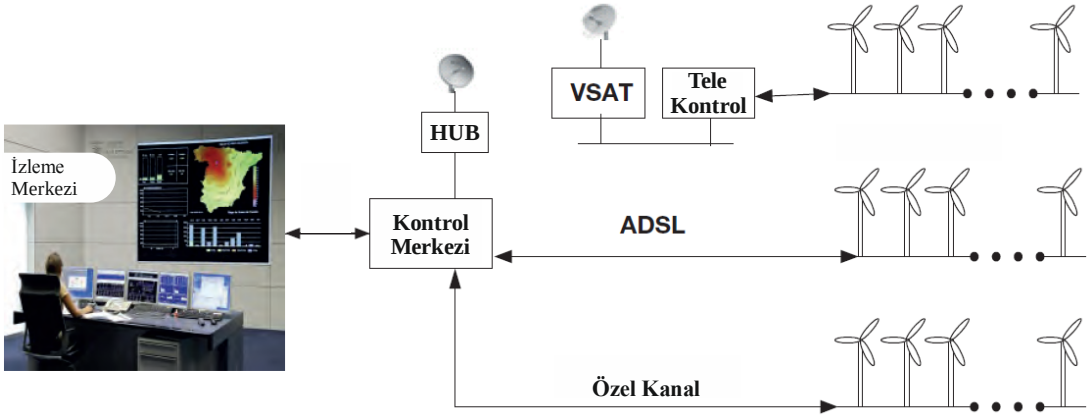
- **Jeneratör mili titreşim kontrolü:** Dişli kutusu ile jeneratör milinin bağlı olduğu kısımdaki dönme hareketinin titreşimsiz yani tam balansında olması gerekmektedir. En ufak balans bozukluğunda merkezkaç kuvvetinden dolayı büyük titreşim oluşacak jeneratör veya dişli kutusunun yataklarında büyük hasarlar oluşacaktır. Titreşim (vibrasyon) akselerometresi gibi bir sensör ve buna bağlı voltajı miliampere çevirerek 4-20 miliamper arasında sinyal veren titreşim sensör gruplarına titreşim transmiteri de denilir. Bu cihazları PLC, SCADA gibi otomasyon sistemlerine doğrudan bağlanabilir.

- **Jeneratörün ürettiği gerilimin izlenmesi:** Ölçümü yapılacak jeneratör için akım trafosunun ölçüm sekonderi çıkışı değeri Resim 1.2'de görülen toroid akım trafoları yardımı belirli değere düşürüldükten sonra elektronik devreler yardımıyla SCADA veya PLC vb. kontrolörlerin anlayacağı bilgi tipine çevrilir. SCADA veya PLC gibi kontrolörler ile türbin jeneratörünün ürettiği gerilim ve güç miktarı bilgileri izlenebilir.



Resim 1.1: Toroid akım trafoları

Bir rüzgâr türbinindeki verilerin izlenebilmesi için çeşitli iletişim yolları kullanılabilir. Bu iletişim yolları çevresel, bölge ve hava koşullarına göre değişebilir. İletişim yollarında internet, ağ protokolleri, GSM modemler, HUB, VSAT vb. kullanılmaktadır.



Resim 1.2: İletişim yöntemleri

1.1.1. Asenkron Jeneratörler

Son yıllarda asenkron jeneratörler enerji üretim sektöründe özellikle rüzgâr türbinlerinde oldukça fazla kullanılır. Bu jeneratörlerin ulusal ve uluslararası standartlara uygun olması gerekir (TS 3067, IEC 34-1, IEC 34-2, IEEE Standart 112-2004, VDE 0530).

Bir asenkron makine, jeneratör çalışmadan makinenin güç kaynağı rotordan alınan mekanik güçtür. Asenkron jeneratörün statoru üç faz grubundan müteşekkil birçok sarıma

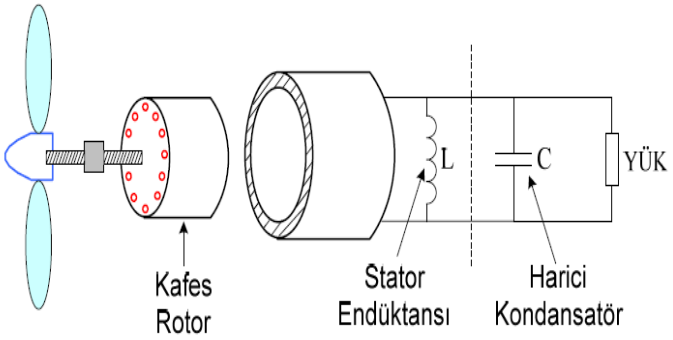
yataklık yapar. Bu üç grup sargı, fiziksel olarak stator etrafına yayılmıştır. Bu sargılar üzerindeki akım akışından dolayı rotor etrafında, çevresinde dönen bir manyetik alan oluşur ki bu manyetik alan asenkron makinenin en önemli çalışma özelliğidir.

Rotor akımı ile stator akısı arasındaki etkileşim bir momente neden olur. Rotoru bir rüzgâr türbinine bağlarsak ve senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürürsek rotorda indüklenen akım ve momentin yönü motor çalışma durumuna göre ters yönde olur. Bu durumda makine jeneratör olarak çalışır. Türbinin mekanik gücünü elektrik gücüne çevirir ve stator uçlarına bağlı yükü besler. Makine şebekeye paralel olarak çalışıyor ise şebekeye güç temin edecektir yani makinenin jeneratör olarak çalışabilmesi için senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürülmesi gerekir. Asenkron makinelerde stator ile rotor arasında elektriksel bir bağlantı olmayıp tamamen elektromanyetik endüksiyon prensibine göre çalışır.

Asenkron makine AC uyartım akımına ihtiyaç duyar. Dolayısıyla bu makineler hem kendinden uyartımlı hem de dışarıdan uyartımlı olabilir.

- **Kendinden uyartımlı asenkron jeneratör:** Stator, 3 fazlı uyarma akım sistemi ile birlikte dizayn edilirse milli rüzgâr türbinine ve dişli kutusuna bağlı olan makine, başlangıçta motor olarak çalışarak senkron hızı yakalama yönünde hızını arttıracaktır. Rüzgâr hızı jeneratör miline senkron hızı aşacak seviyede etki edince asenkron makine otomatik olarak jeneratör olarak çalışmaya geçecektir ve elde edilen elektriksel gücü stator sargıları üzerinden şebekeye aktaracaktır. Makine, şebeke ile paralel çalışıyorsa bu akım şebekeden temin edilir. Makineye harici bir kondansatör bağlayarak makinenin ihtiyacı olan uyarma akımı şebekeye ihtiyaç olmaksızın sağlanmış olur.

- Kendinden uyartımlı jeneratörün temel mantığı, stator uyarma sargısının sahip olduğu endüktans ile ilave edilen harici kondansatör arasında rezonans durumu oluşturmaya dayanır. Buradaki osilasyon frekansı (rotor uyarma frekansı) harici kondansatör boyutuna bağlıdır. Buradaki kondansatör tek yönlü olarak rüzgâr türbin hızını kontrol imkânı verir.

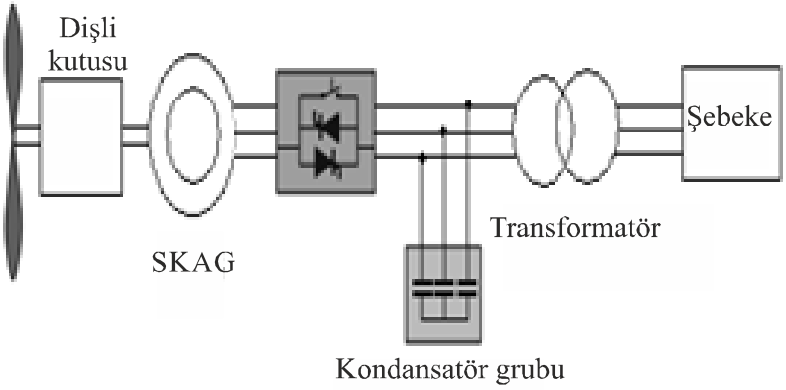


Resim 1.3: Kendinden uyartımlı asenkron jeneratörün L ile C belirli bir frekansta rezonansa girerek osilasyona neden olması

Enerji dönüşüm sistemlerinde kullanılan asenkron jeneratörler sincap kafesli ve rotoru sargılı asenkron jeneratörler olmak üzere iki çeşittir. Yuvarlak rotorlu asenkron jeneratörler ise kayma kontrolünü sağlayan rotor dirençleri ile birlikte bir AC sisteme doğrudan bağlanabilir. Burada kayma kontrolü ile işletim hızı ancak belirli hız aralıklarında ayarlanabilir. Çift beslemeli asenkron jeneratör ise güç elektroniği dönüştürücülerinin boyutuna bağlı olarak çok daha geniş aralıklarda hız ayarlama imkânı verir.

1.1.2. Sincap Kafesli Asenkron Jeneratörler (SKAG)

Sincap kafesli asenkron makine bir AC sisteme doğrudan bağlanıp sabit hızda işletilebileceği gibi güç elektroniği üniteleri ile birlikte değişken hızlarda da işletilebilir. Manyetik sesleri azaltmak ve iyi kalkınma momenti elde etmek için rotor olukları mile paralel olarak değil, meyilli olarak açılarak pres alüminyum döküm rotor sargısı elde edilir. Sincap kafesli asenkron makineler; fırçasız, güvenilir, ekonomik ve sağlam bir yapıya sahip olmaları nedeniyle uygulamada sıkça kullanılmaktadır. Kayma yani rotor hızı, üretilen gücün miktarıyla değişir. Rotor hızındaki değişimler %1-2 civarındadır. Bu yüzden bu tip rüzgâr hızının sabit olduğu zamanlarda avantajlıdır.



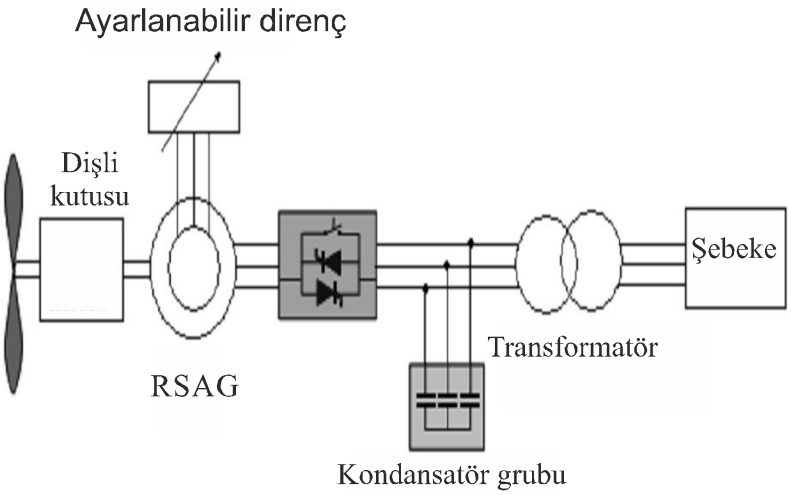
Resim 1.4: SKAG ve şebeke bağlantısı

Jeneratör parametrelerinin sıcaklık ve frekansla değişerek sistemin kontrolünü karmaşıklaştırması, bu jeneratörlerin dejavantajıdır. Moment-hız eğrisi lineerdir. Böylece rüzgâr gücündeki dalgalanmalar direkt olarak şebekeye iletilir. Bu geçişler özellikle rüzgâr türbininin şebeke bağlantısı sırasında kritiktir. Bu noktalarda nominal akımdan 7-8 kat daha hızlı akım geçici olur ki bu sistemin dezavantajları arasında yer alır. Ayrıca sincap kafesli asenkron jeneratör reaktif güç tüketir. Özellikle büyük türbinlerde ve zayıf şebekelerde bu istenmeyen bir durumdur. Bu yüzden sincap kafesli asenkron jeneratörün reaktif güç tüketimi hemen her zaman kısmen ya da tamamen güç faktörünü 1'e yaklaştırmak için kullanılan kapasitörlerle dengelenir.

1.1.3. Rotoru Sargılı (Bilezikli) Asenkron Jeneratör (RSAG)

Bir RSAG'de rotorun elektriksel özellikleri dışarıdan kontrol edilebilir ve böylece rotor gerilimi değiştirilebilir. Rotor sargı uçları rotorla beraber dönen bileziklere bağlıdır.

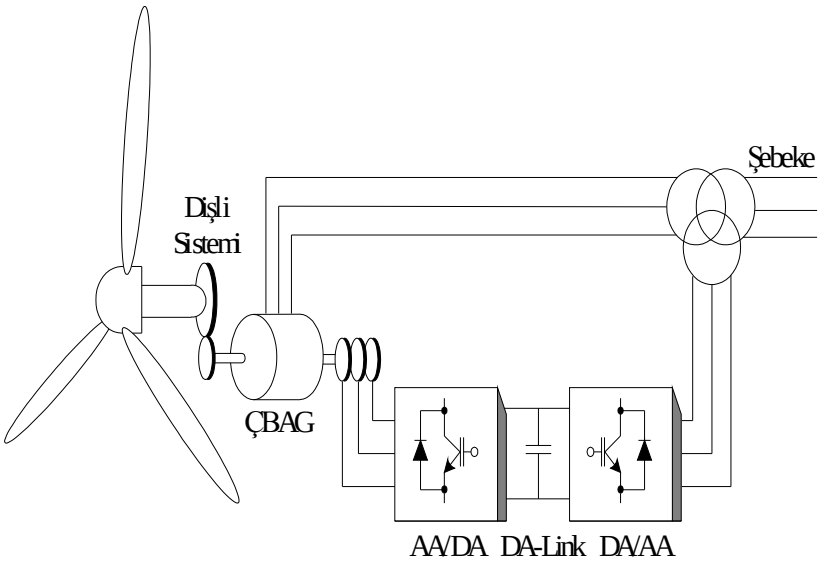
Bilezikler üzerinde sabit duran fırçalar yardımı ile rotor sargıları üç fazlı bir yol verici direncine ya da dış kaynağa bağlanabilir. Böylece yol alma akımı sınırlandığı gibi hız ayarı da yapılabilir. Bu jeneratörlerin dezavantajı, pahalı olması ve SKAG kadar sağlam olmamasıdır.



Resim 1.5: RSAG ve şebeke bağlantısı

1.1.4. Çift Beslemeli Asenkron Jeneratörler

Şekil 1.6'da çift beslemeli asenkron jeneratörün (ÇBAG) kullanıldığı bir rüzgâr güç sistemi görülmektedir. Bu sistemde stator sargısı şebekeye doğrudan bağlanmıştır. Rotor sargısı ise iki adet back-to-back gerilim kaynaklı inverterden oluşan dört bölgeli güç konverteri üzerinden şebekeye bağlanmıştır. Genellikle rotor tarafındaki konverter kontrol sistemi, elektromanyetik torku düzenler ve makinenin manyetizasyonunu sürdürebilmesi için reaktif güç sağlar.



Resim 1.6: ÇBAG ve şebeke bağlantısı

Şebeke tarafındaki konverter kontrol sistemi ise DA linkini düzenler. Senkron jeneratörlerle karşılaştırıldığında ÇBAG'ün aşağıda belirtilen bazı avantajları vardır:

- Sadece rotorun kayma gücünü kontrol etmeye yarayan konverter sistemine sahip olduğu için toplam sistem gücünün yaklaşık %25'i oranında bir inverter kullanılmaktadır. Bu da inverter maliyetini azaltır.
- Sistemde kullanılan filtreler toplam sistem gücünün 0,25 p.u olan kısmı için gerekli olduğundan inverter filtrelerinin maliyeti azalmaktadır. Aynı zamanda inverter harmonikleri, toplam sistem harmoniklerinin daha küçük bir bölümünü temsil etmektedir.
- Bu makine harici bozucu etkilere karşı dayanıklılık ve kararlılık göstermektedir.

ÇBAG için en büyük dezavantaj ise bünyesinde periyodik bakıma ihtiyaç duyan bilezik tertibatının bulunmasıdır.

1.1.5. Optislip İndüksiyon Jeneratörler (OSİG)

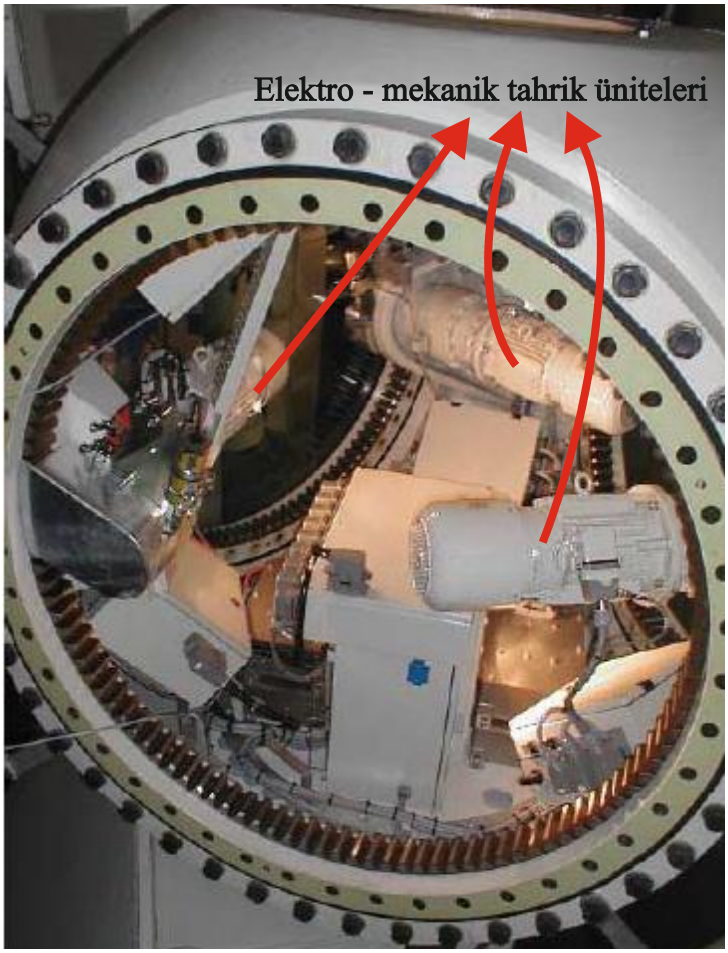
OSİG, rüzgârın ani ve sert esmesi sırasında rüzgâr türbinindeki yükleri çok hızlı güç elektroniği elemanları kullanarak minimuma indirmek geliştirilmiştir. Optislip jeneratör rotoru, sargılı asenkron jeneratör ile şafta yerleştirilmiş ayarlanabilir harici rotor dirençlerinden oluşur. Herhangi bir bileziğe ihtiyacı yoktur. Jeneratörün kayması, rotor şaftına bağlı bir konvertör aracılığıyla toplam rotor direncinin düzenlenmesi ile değiştirilir. Bu değişim rüzgâr hızına ve yüke bağlı olarak elektronik devre ile %1 ile %10 arasında değişmektedir. Böylelikle ani rüzgâr artışlarında oluşan mekanik yükler ve güç dalgalanmalarının azaltılması hedeflenmiştir.

Bu jeneratörün dezavantajı ise reaktif güç kontrolünün zayıf olmasıdır.

1.2. Türbin Kanat Elektrik Sisteminin İzlenmesi

Rüzgâr türbinlerinde pervane (kanat) açı kontrol sistemiyle (pitch kontrol) rüzgârın gücünden maksimum seviyede yararlanma imkânı sunmaktadır. Rotor çok hızlı dönüyorsa rotor verimi yine düşer çünkü bir kanadın neden olduğu türbülans gittikçe artan bir oranla takip eden diğer kanadı etkiler. Aerodinamik olarak kanatlar incelendiğinde hava akımının kaldırma etkisi yani kanatların altından ve üstünden akan hava akımları farklı zamanlarda kanadı terk ettiklerinden dolayı oluşan basınç farkı neticesinde kanat yükselmekte ya da türbinlerdeki gibi dönmektedir. Kanat açılarına göre basınçlar ve rüzgârın kaldırma etkisi değişmektedir.

Bugünün gelişmiş rüzgâr türbinleri üç kanatlı ve değişken hızlı türbinlerdir. Türbin kanatları dönebilir sistemlidir ve üç bağımsız elektromekanik tahrik üniteleri ile kontrol edilir. Pitch kontrollü rüzgâr türbinlerinde elektronik kontrol türbininin güç çıkışını saniyede birkaç kez kontrol eder. Güç çıkışı çok yüksek olduğunda kanatlar dönerek rüzgâra karşı daha az dirençli durur. Böylelikle rotor devri azalır. Rüzgâr düştüğünde ise kanatlar rüzgâra karşı çok direnç gösterecek şekilde döner.



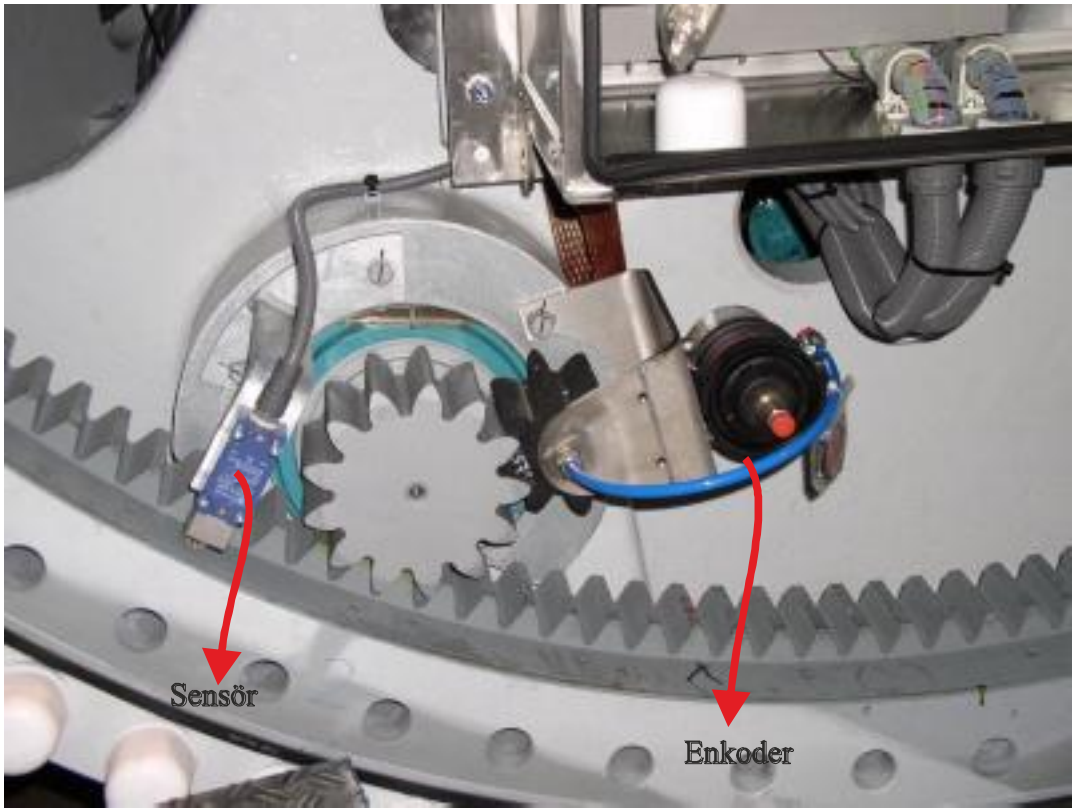
Resim 1.7: Elektromekanik tahrik üniteleri

Resim 1.8: Elektromekanik tahrik ünitesi

Türbin kanatlarının dönmesini sağlayan asenkron motorlar ne kadar döndüklerini sensör ve enkoder yardımıyla algılar. Enkoder ve sensör, SCADA veya PLC gibi kontrol cihazlarına bilgi göndermektedir. Enkoder ve sensör hem kanat açıları hakkında bilgi verir hem de motorun hangi yöne döndüğünü veya dönmediğini bildirir.

Elektromekanik tahrik üniteleri bir asenkron motor ve dişli kutusundan (redüktör) oluşur. Redüktörün görevi devri düşürmek ve motor milindeki gücü arttırmaktır. Asenkron motorun devir sayısı, yüklenme momenti, çektiği akım ve gerilim değerleri, aşırı yüklenme vb. kontrolleri sürücü ile kontrol edilmektedir.

Türbin kanat elektrik sisteminin izlenmesi tipik 2 MW gücündeki bir rüzgâr türbininde mikroişlemci temelli, gelişmiş kontrol algoritmalı, bağımsız kanat ayarlamalı, failsafe (UPS yedeklemeli) frenlemelidir.

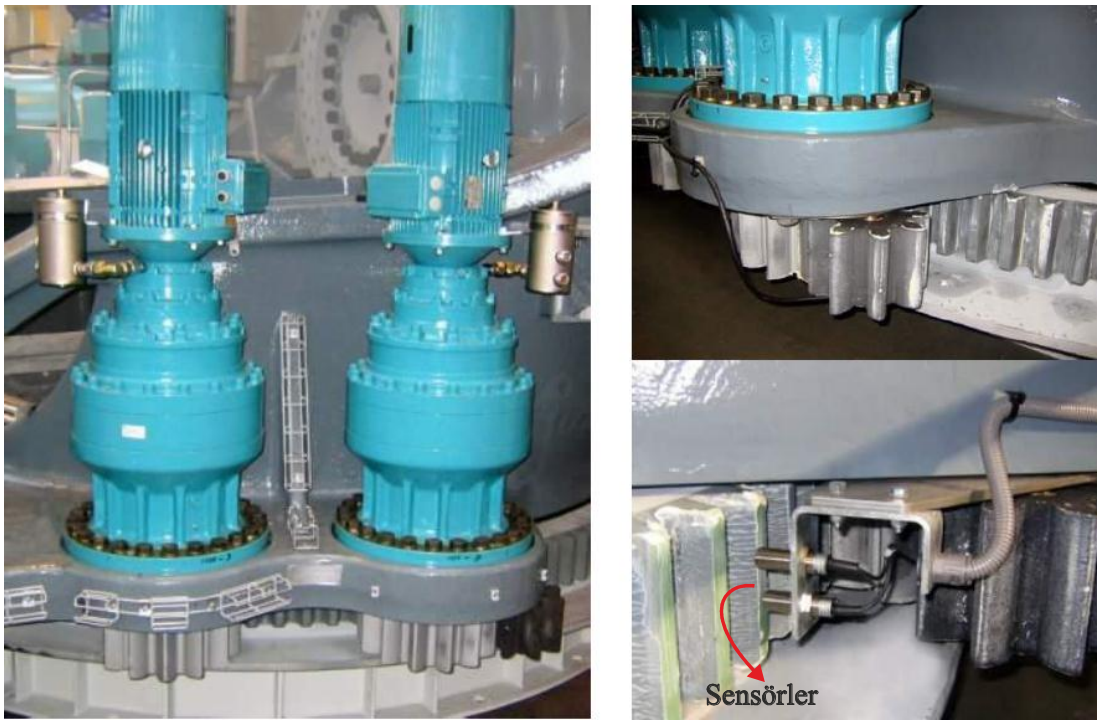


Resim 1.9: Elektromekanik tahrik ünitesindeki sensör ve enkoder

1.3. Yaw Elektrik Sistemininin İzlenmesi

Türbini kendi etrafında döndürerek rüzgârı mümkün olduğunca tam karşıdan almaya yarayan bu mekanizmaya yönlendirme mekanizması veya sistemi (yaw system) denir. Jeneratörden en yüksek miktarda güç elde edebilmek için büyük rüzgâr türbinleri yaw sistemi ile donatılır. Yaw sistemi, anemometre ve türbin kontrol sistemi yardımıyla nescle'ın doğrultusunu rüzgâr yönü ve kuvvetine bağlı olarak ayarlama olanağı sağlar.

Yaw sistemi türbin büyüklüğüne bağlı olarak elektrikli fren motorları bir veya daha fazla seyyar dişli kutusundan oluşur. Dişli kutuları genellikle torkları en fazla 10.000-70.000 Nm arasındadır.



Resim 1.10: Yaw tahrik ünitesindeki sensörler

Türbin yaw elektrik sisteminin izlenmesi, tipik 2 MW gücündeki bir rüzgâr türbininde mikroişlemci temelli ve PID kontrol algoritmalıdır. SCADA sistemi ise modem ethernet ve fiber temelli uzaktan erişim, izleme, raporlama ve kontrol işlevlerini barındırmaktadır.

1.4. Güç Ünitesinin İzlenmesi

Rüzgâr türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi mevcut elektrik şebekesine verilmektedir. Bunun için rüzgâr türbinlerinde sabit hızlı makineler ve değişken hızlı makineler olmak üzere iki farklı dönüşüm sistemi kullanılmaktadır.

Sabit hızlı makineler, doğrudan doğruya şebekeye bağlanmaktadır. Bu makineler, elektrik sistemini kontrol edemez. Başlama akımları yüksektir ve reaktif gücü de kontrol edememektedir. Bunlara rağmen oldukça kolay ve sağlam bir yapıdadır. Değişken hızlı rüzgâr türbinleri ise elektrik sistemi ile etkileşim hâlindedir ve denetim yapılması kolaydır. AA/DA dönüşümleri rüzgâr türbini ile şebeke arasında olmakta, herhangi bir sapmada frekans ve gerilim değişiklikleri kontrol edilebilmektedir. Güç elektroniği elemanları reaktif gücü de kontrol edebilmektedir.

Resim 1.11: Rüzgâr türbini güç ünitesi

UYGULAMA FAALİYETİ

Kanat açı kontrolünü devreye alınız ve çalışmasını izleyiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kanat açı kontrolü için elektromekanik tahrik ünitesini devreye girmesini sağlayınız. ➢ Kanatları sağa ve sola döndürünüz. ➢ SCADA veya kontrolör aracılığıyla kanat açı değerlerinin değişip değişmediğini kontrol ediniz.	➢ Dişli düzeneğinde herhangi bir cismin olmadığından ve gerekli güvenlik önlemleri aldığınızdan emin olunuz. ➢ Enkoder veya sensörlerin çalışmasını izleyiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Doğru akım jeneratörlerinin büyük güçlü rüzgâr enerjisi tesislerinde tercih edilmemesinin nedeni aşağıdakilerden hangisi <u>değildir</u>?
A) Sık bakım gereksinimi
B) Alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olması
C) Direkt şebekeye bağlanamaması
D) Sadece küçük güçlü rüzgâr enerji tesislerinde akülere enerji depolamak için kullanılır.
E) Hiçbiri

2. Aşağıdakilerden hangisi bir rüzgâr türbinindeki verilerin izlenebilmesi için çeşitli iletişim yollarından biri <u>değildir</u>?
A) GSM modemler
B) HUB
C) VSAT
D) İnternet (ADSL)
E) Telsizler

3. "Türbin kanatları dönebilir sistemlidir ve üç bağımsız….....ile kontrol edilir." cümlesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
A) Elektromekanik tahrik üniteleri
B) Açı kontrol sistemiyle
C) Pitch kontrol ile
D) Yaw kontrol ile
E) İnverterler ile

4. **"**Elektromekanik tahrik üniteleri bir ..... oluşur." cümlesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
A) Enkoder ve sensörden
B) Asenkron motor ve dişli kutusundan (redüktör)
C) Dişli sisteminden
D) Jeneratörden
E) Hiçbiri

5. "Türbini kendi etrafında döndürerek rüzgârı mümkün olduğunca tam karşıdan almaya yarayan bu mekanizmaya ..... denir." Cümlesinde boş bırakılan yere aşağıdakilerden hangisi getirilmelidir?
A) Tahrik mekanizması
B) Dümen mekanizması
C) Yönlendirme mekanizması (Yaw)
D) Rotor mekanizma
E) Frem mekanizması

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Rüzgâr şalt sahası sisteminin izlenmesini yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Rüzgâr türbinindeki şalt sahası cihazları hakkında araştırma yapınız.

2. RÜZGÂR ŞALT SAHASININ İZLENMESİ

2.1. Güç Trafosunun İzlenmesi

Hem alçak gerilim hem de yüksek gerilim bobinlerinde izoleli yassı bakır veya hazır atlatmalı (CTC) bakır iletkenler kullanılır. Sarım tekniği olarak kat sargı, sürekli disk sargı, helisel sargı ve vida sargı tipleri kullanılmaktadır.

Resim 2.1: Güç trafosu bobinleri

Transformatörlerin nüveleri soğuk haddelenmiş, çekirdekleri yönlendirilmiş, silisli saclardan yapılır. Nüveler birinci sınıf kalitede saclar kullanılarak üretilir. Nüve sacı seçimi, müşteri tarafından talep edilen boşta kayıp değerlerine göre yapılır.

Nüveler aralıksız olarak dizilir. Nüveler; step-lap, over-lap, 90° kesilmiş, delikli veya deliksiz olarak üretilmektedir.

Resim 2.2: Güç trafosu nüvesi

Nüve, bobin ve üst kapağın montajı, kısa devre kuvvetlerine karşı direnci artırıcı şekilde düzenlenir. Standart transformatörlerin aktif kısımlarını kapsayan üst kapak, cıvatalarla tanka monte edilir. Diğer bir uygulama, aktif kısmın direk tanka montajıdır. Üst kapağın bağlantı kısımları, yüksek gerilim izolatörleri ve ark boynuzları, paslanmaz çelikten ya da paslanmaya karşı dirençli, özel boya kaplı maddelerden yapılır. İzolatörler (buşingler), aksesuarlar, koruma kutusu ya da kablo kutusunun yerleşimi müşteri isteğine bağlı olarak kapak üstüne veya transformatörün yan duvarlarına yapılır.

Tanklar ve üst kapaklar yumuşak çelikten yapılmaktadır. Dağıtım transformatörlerinin soğutma yüzeyleri dalga duvarlardan oluşur. Dalga duvarlar aynı zamanda tankın yan yüzeyini oluşturur. Taban sacı, yanlar ve çerçeve sızdırmaz şekilde kaynatılır. 4000 kVA'ya kadar olan transformatörlerde soğutma yüzeyi olarak dalga duvar kullanılabilir. Ayrıca radyatörleri soğutma yüzeyi olarak kullanmak mümkündür.

Kaynaktan sonra her tankın yağ sızdırmazlık testinden geçmesi gerekir. Bu nedenle her tank üretildikten sonra basınç altına alınır. Biten tanklar ve üst kapaklar DIN standartlarına uygun olarak kumlanır.

Resim 2.3: Güç trafosu tankı

Transformatörlerin aktif kısmı (nüve, bobin, kapak) fırınlarda yüksek vakum altında kurutulur. Kurutma işlemi; transformatörün cinsine, gücüne ve gerilimine göre değişir. Yağ dolumu yüksek vakum altında yapılır.

Resim 2.4: Güç trafosunun kurutulmuş hâli

Transformatörleri korunmasında ve izlenmesinde başlıca aşağıdaki ekipmanlar kullanılır:

2.1.1. Yağ Seviye Göstergesi

Manyetik yağ seviye göstergesi genleşme deposundaki yağ seviyesini takip ve kontrol etmek için kullanılır. Manyetik yağ seviye göstergesi, yağ seviyesindeki ani değişikliklerde alarm ve açma sinyali verir.

Resim 2.5: Yağ seviye göstergesi

2.1.2. Hava Kurutucu

Hava kurutucular genleşme depolu transformatörlerde kullanılır. Hava kurutucu, genleşme deposuna bağlanır. Silika jel yardımı ile genleşme deposunun içindeki rutubet ve toz tutulur. Silika jelin miktarı transformatördeki yağ miktarına bağlıdır.

Resim 2.6: Yağ kurutucusu

2.1.3. Yağ Sıcaklık Göstergesi

Kapak üzerine veya tankın yanlarına kaynatılan termometre ceplerine yerleş-tirilen yağ sıcaklık göstergesi, yağın en üst sıcaklığını takip ve kontrol eder. Maksi-mum göstergeli, elektriksel kontaksız veya tek ya da çift elektriksel kontaklı olabilir. Sıcaklık, tahmini değerleri aşarsa kontaklı termometreler alarm veya açma sinyali verir.

Resim 2.7: Yağ kurutucusu

2.1.4. Buchholz (Gaz toplama ve Alarm) Rölesi

Buchholz rölesi, transformatör içinde oluşan düşük ve yüksek yoğunluklu deşarj ve arkların oluşturduğu gazları toplar. Genleşme depolu transformatörlerde kullanılır. Röle tek veya çift kontaklı olabilir. Buchholz rölesinde belli bir miktarın üzerinde gaz toplanırsa hem alarmı hem de açma sinyalini harekete geçirir. Ayrıca düşük yağ seviyesinde buchholz rölesi dışarıya alarm sinyali verir. Buchholz rölesi aşırı ısınma gibi arızaları algılar ve sinyal vererek arızanın büyümesini önler.

Resim 2.8: Buchholz rölesi

2.1.5. Basınç Emniyet Valfi

Transformatörlerde hermetik koruma rölesi kullanılsa bile ek olarak basınç emniyet valfi de kullanılır. Basınç emniyet valfi transformatörün içindeki yükselen basıncı boşaltmaya yarar.

Resim 2.9: Basınç emniyet valfi

2.1.6. Hermetik Koruma Rölesi

630 kVA ve üstü güçteki hermetik transformatörlerde hermetik koruma rölesi kullanılır. Bu röle yağ göstergesi, termometre göstergesi, buchholz rölesi ve ayrıca basınç rölesinin işlevlerini kapsar. Bunların yanında isteğe göre sargı termometresi, dijital termometre, gaz toplama birimi gibi ilave ekipmanlar yağlı tip güç transformatörlerine takılabilir.

Resim 2.10: Hermetik koruma rölesi

2.2. Kesicilerin izlenmesi

Yüksek gerilimli ve büyük akımlı şebeke ve tesislerde, yük akımlarını açmaya ve kapamaya yarayan şalt cihazlarına kesici (disjonktor) denir.

Yüksek gerilimli ve büyük akımlı şebekelerde devre açma işlemleri basit yapılı şalterlerle yapılamaz. Yük altında yapılan akım kesme işlemi esnasında arklar oluşmaktadır. Bu arklar, kontaklara zarar vererek kısa zamanda kullanılamaz hâle getirmektedir. Bu sebeple yüksek gerilimli ve büyük akımlı şebekelerde devre açma ve kapama işlemleri kesicilerle gerçekleştirilir.

2.3. Ayırıcıların İzlenmesi

Orta ve yüksek gerilim şebeke ve tesislerinde devre yüksüz iken açma kapama işlemi yapabilen şalt cihazlarına ayırıcı denir. Ayırıcıların diğer bir adı da seksiyonerdir.

Ayırıcılar ile kesinlikle yük altında açma kapama işlemi yapılmaz. Aksi takdirde ayırıcı ve işlemi yapan kişi zarar görür.

2.3.1. Ayırıcı Açma Kapama İşlem Sırası

Ayırıcılar ile yük altında açma kapama yapılmaz. Yapılırsa zararlı etkiler doğurabilir. Bunu önlemek için açma kapama yaparken şu işlem sırası takip edilmelidir:

- İlk önce kesici acılır.
- Daha sonra kesicinin giriş ve çıkışındaki ayırıcılar açılır.
- Kapatılırken ise bu işlemin tersi olarak ilk önce ayırıcılar kapatılır.
- Daha sonra kesici kapatılarak devreye enerji verilir.
- Kesici yoksa önce alıcıların yükü devreden çıkarılır sonra ayırıcı açılır.

2.3.2. Ayırıcı Calışma Testi Yapılması (Devreye Alma Çıkarma)

Ayırıcı açma kapama işlem sırası aşağıdaki gibidir:

- Ayırıcılar yük altında açma kapama işlemini yapamaz. Bu yüzden bağlı oldukları kesicinin mutlaka açık olması gerekir.
- Daha sonra kesicinin giriş ve çıkışındaki ayırıcılar açılır.
- Ayırıcılar açıldıktan sonra enerji devresinin minimum mesafede güvenli bir biçimde ayrıldığı kontrol edilir.
- Ayırıcının güvenli ayırma mesafesinin tesis edilen mekanik kumanda düzeni ile ilgili olacağı unutulmamalı, kumanda kolunun açık konuma gelmiş ve ayırıcı bıçaklarının güvenli mesafede uzaklaşmış olduğu gözle kontrol edilir.
- Kapatılırken bu işlemin tersi olarak ilk önce ayırıcılar kapatılır.
- Ayırıcı kapatıldığında kontakların temas ettiğinden emin olunmalıdır.
- Daha sonra kesici kapatılarak devreye enerji verilir.
- Kesici yoksa önce alıcıların yükü devreden çıkarılır sonra ayırıcı açılır.

2.3.3. Ayırıcı Bakım Onarımı

Tesislerde kullanılan ayırıcıların üretici firma tarafından belirtilen periyotlarda kontrol ve bakımı ile gerektiğinde onarımları yapılmalıdır. Bu işlemlerde takip edilmesi gereken işlem sırası ve dikkat edilecek hususlar şöyledir:

- **İşlem Sırası**

  - Ayırıcılarda en çok görülen arıza, hareket düzenlerindeki sıkışmalardır.
  - Bunu önlemek için düzenli olarak mekanizma yağlanmalı ve paslı kısımlar zımparayla temizlenmelidir.
  - Sabit ve hareketli kontaklar birbiriyle iyi temas etmelidir. Bunu sağlamak için kontak yüzeyleri belli aralıklarla temizlenmeli, ince bir tabaka vazelin sürülmelidir.
  - Hareketli bıçakları taşıyan izolatör serbestçe dönebilmeli, zaman zaman hareketli izolatörün tabanındaki gresörlüğe yağ sıkılmalıdır.

- Açma kapama hareketi, elektrik motorundan sağlanan ayırıcılarda (çift döner izolatörlü) mekanizmanın rahatça dönmesi sağlanmalıdır. Bunun için düzenek kontrol edilmeli ve yağlanmalıdır.
- Açma kapamada çabukluk ve sıkı teması sağlayan yaylar kontrol edilmeli, deforme olanlar değiştirilmelidir.
- Mesnet izolatorleri temizlenmeli, kırık ve çatlak olanlar varsa yenisiyle değiştirilmelidir.

➢ **Dikkat Edilecek Hususlar**

- Öncelikle bakıma alınacak ayırıcı enerji altında olmamalıdır.
- Sökme işlemi yaparken çıkarılan parçalar bir yerde toplanarak kaybolması önlenmelidir.
- Sıkma işlemi yaparken cıvata ve somunlar fazla sıkılarak yalama yaptırılmamalıdır.
- Yağlama işleminde gerektiği yağ kadar kullanılmalıdır.
- Yapılan bakım ve onarımlar kaydedilmelidir,
- El aletleri ile çalışırken kesinlikle iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Ayırıcı açma kapama işlem sırasını uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ İlk önce kesiciyi açınız. ➢ Daha sonra kesicinin giriş ve çıkışındaki ayırıcılar açınız. ➢ Kapatılırken ise bu işlemin tersi olarak ilk önce ayırıcılar kapatınız. ➢ Daha sonra kesiciyi kapatarak devreye enerji veriniz. ➢ Kesici yoksa önce alıcıların yükünü devreden çıkarınız sonra ayırıcı açınız.	➢ İşlem sırasını aynen uygulayınız. ➢ Gerekli güvenlik önlemlerini alınız.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi yüksek gerilimli devrenin yüksüzken açılıp kapandığı görülebilen devre elemanıdır?
A) Ayırıcı
B) Kesici
C) Parafudur
D) Parotoner
E) İzolatör

2. Genleşme deposundaki yağ seviyesini takip ve kontrol etmek için aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
A) Hava kurutucu
B) Manyetik yağ seviye göstergesi
C) Yağ sıcaklık göstergesi
D) Gaz toplama ve alarm rölesi
E) Basınç emniyet valfi

3. Aşağıdakilerden hangisi genleşme deposuna bağlanır?
A) Hava kurutucu
B) Manyetik yağ seviye göstergesi
C) Yağ sıcaklık göstergesi
D) Gaz toplama ve alarm rölesi
E) Basınç emniyet valfi

4. Aşağıdakilerden hangisi transformatör içinde oluşan düşük ve yüksek yoğunluklu deşarj ve arkların oluşturduğu gazları toplar?
A) Hava kurutucu
B) Manyetik yağ seviye göstergesi
C) Yağ sıcaklık göstergesi
D) Gaz toplama ve alarm rölesi
E) Basınç emniyet valfi

5. Aşağıdakilerden hangisi transformatörün içindeki yükselen basıncı boşaltmaya yarar?
A) Hava kurutucu
B) Manyetik yağ seviye göstergesi
C) Yağ sıcaklık göstergesi
D) Gaz toplama ve alarm rölesi
E) Basınç emniyet valfi

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

RES Elektrik sistemlerinin izlenmesi ile ilgili uygulamaları yapınız. Yaptığınız bu uygulamaları aşağıdaki tabloya göre değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İşlem sırasını doğru yapabildiniz mi?		
2. Denediğiniz cihazların mekanik çalışmasını izlediniz mi?		
3. Denediğiniz cihazın verilerini kontrolör (SCADA vb.) üzerinde görebildiniz mi?		
4. İşlem basamaklarını uygularken gerekli güvenlik önlemlerini aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	E
3	A
4	B
5	C

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	A
3	D
4	D
5	E

KAYNAKÇA

- American J. of Engineering and Applied Sciences 1 (2): 118-120, 2008